

補助事業番号 2021M-165
 補助事業名 2021年度 ナノ組織制御超伝導薄膜を用いた高感度NMRピックアップコイルの研究開発 補助事業
 補助事業者名 山梨大学 作間啓太

1 研究の概要

本研究ではNMRピックアップコイルの高感度化に向けて、ナノ組織制御技術を用いて銅酸化物高温超伝導 (REBa₂Cu₃O_y: REBCO) 薄膜の超伝導特性向上と薄膜の大型化に取り組んだ。組成比の最適化および磁束ピン止め点を導入することにより、超伝導特性[臨界電流密度(J_c)、表面抵抗(R_s)]が向上することを明らかにした。また、NMRピックアップコイルの作製に必要な2.5cm角REBCO薄膜の作製に成功した。このREBCO薄膜を用いることにより、NMRピックアップコイルの感度が飛躍的に向上することが期待される。

2 研究の目的と背景

NMRピックアップコイルの信号雑音比(感度)は、コイルに使用する超伝導材料の表面抵抗($R_s \propto 1/J_c$)に反比例することが知られている。そのため、超伝導材料には J_c が高く、 R_s が低い材料が必要となる。超伝導体の中でもREBCOは有用な材料とされているが、NMRピックアップコイルに使用するには未だ特性が低いため、特性の向上が望まれている。また、NMRピックアップコイルには2.5cm角以上の薄膜が必要とされている。そこで、本研究では、ナノ組織制御により超伝導特性の向上を試み、かつ、大面積化を行いNMRピックアップコイル用REBCO薄膜の創製を行う。

3 研究内容

NMRピックアップコイル用REBCO薄膜の創製
<https://www.ccn.yamanashi.ac.jp/~ksakuma/research.html>

本研究の課題は J_c が高く、 R_s が低いREBCO薄膜の実現とその大面積化である。そのため、以下の3点を行った。

- (1) R_s 増加の原因となる表面二次相の低減のため、REBCO薄膜の組成比の最適化
- (2) J_c 低下の原因となる磁束運動の抑制のため、磁束ピン止め点の導入
- (3) 大型電気炉による、薄膜の大面積化

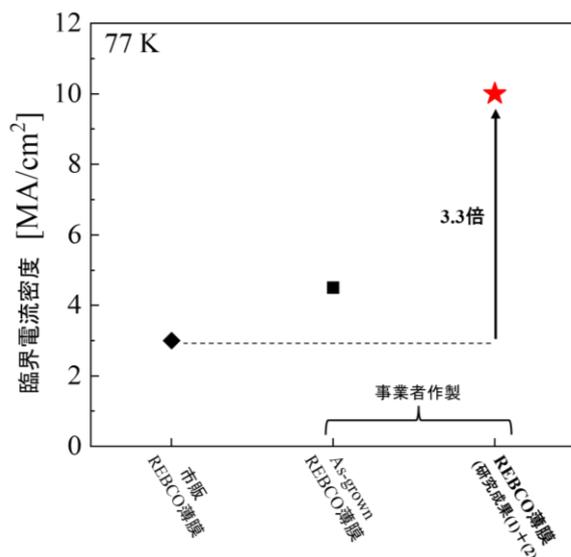


図1. REBCO薄膜の臨界電流密度(J_c)の比較

(1) の結果、組成比を最適化することで余分なCu酸化物が減少し、表面二次相が劇的に減少することを明らかにした。(1)(2)の結果、図1に示すように非常に高い μ_c を示すREBCO薄膜の作製に成功し、市販のREBCO薄膜と比較して3.3倍向上している。また、表面抵抗は銅と比べて100分の1以下の値であった。このREBCO薄膜をNMRピックアップコイルに利用すると10倍以上の測定感度向上が望める。

(3)の結果、薄膜のほぼ全面にわたり超伝導特性が均一な2.5cm角REBCO薄膜が得られ、NMRピックアップコイルに必要な大面積を有する薄膜の作製に成功した。

上記(1)(2)(3)の結果から、NMRピックアップコイルに必要な特性を有するREBCO薄膜の作製に成功し、NMRピックアップコイルへの応用が期待される。

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

本研究はNMRピックアップコイルの感度向上を目指しNMRピックアップコイル用REBCO薄膜の創製を行った。NMRピックアップコイルの感度が向上すれば、NMR測定が必須となっている医療・創薬や有機・無機材料などの研究開発において大きな進展が期待でき、早期のワクチン開発などが可能になると考えられる。

また、本研究の成果は、超伝導アンテナやフィルタなどにも応用が可能であり、宇宙太陽光発電用アンテナや次世代移動体通信6G用フィルタなどへの利用も期待できる。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

本事業者は、10年以上にわたり超伝導薄膜の研究を行ってきた。特に、銅酸化物高温超伝導薄膜の超伝導特性の向上では、歪制御技術を用いた超伝導転移温度の向上やアニール技術を用いた臨界電流密度の向上に成功し、超伝導特性の向上についての様々な技術を確認してきた。一方、超伝導体を用いた高周波機器(NMRピックアップコイルやフィルタなど)の開発は超伝導薄膜の超伝導特性が低いため停滞していた。そこで、本事業者が有する技術を用いて高感度NMRピックアップコイルが開発できれば、医療・創薬など広範な分野に貢献できると考え本事業に挑戦した。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

(1) K. Sakuma, N. Sekiya 15th European Conference on applied Superconductivity, 335, Sep. 5-10, 2021.

(2) 作間啓太, 藤田貴紀, 大嶋重利, 關谷尚人, 電子情報通信学会マイクロ波研究会, vol. 122, MW-2022-17, pp. 13-17

7 補助事業に係る成果物

(1) 補助事業により作成したもの
なし

(2) (1) 以外で当事業において作成したもの
なし

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 山梨大学工学部（ヤマナシダイガクコウガクブ）

住 所： 〒400-8510

山梨県甲府市武田4-3-11

担 当 者： 役職名 助教 作間 啓太（サクマケイタ）

担 当 部 署： 電気電子工学科（デンキデンシコウガッカ）

E - m a i l： 山梨県甲府市武田4-3-11

U R L： <https://www.ccn.yamanashi.ac.jp/~nsekiya/>